دوفصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد 24، شمارهٔ 2 ، صفحهٔ 306-295، (1388)

بررسی تاثیر آنزیم زایلاناز در ویژگی‌های نوری خمیر کرافت باگاس در رنگبری ECF

حسین رسالتی[1]، مرتضی عبدالله بیک مرندی[2*]، احمد رضا سرائیان[3]

1- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

2*- مسئول مکاتبات، کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
پست الکترونیک: morteza_mabm@yahoo.com

3 - استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

تاریخ دریافت: آبان 1387 تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1388

چکیده

در این تحقیق تاثیر استفاده از آنزیم زایلاناز تجاری در پیش رنگبری خمیر کرافت باگاس بررسی شد. آنزیم زایلاناز حاصل از قارچ *Trichoderma viride* در مقادیر 10، 25 و50 واحد و سطح زمانی 2 ساعت بر خمیرکاغذ تاثیر داده شد. سپس رنگ-بری اصلی به صورت جداگانه یکبار روی نمونه تیمار شده با آنزیم و سپس روی نمونه بدون تیمار آنزیمی (تیمار شاهد) با توالی AD_1ED_2 (اسید سولفوریک + دی‌اکسید کلر 4، 6، 8، 10 درصد + استخراج قلیایی + دی‌اکسید کلر 2 درصد به‌عنوان کلر قابل دسترس) انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان دی‌اکسید کلر در مرحله D_1 رنگبری، درجه روشنی نهایی خمیرکاغذ به طور معنی‌داری ($P<0.01$) افزایش می‌یابد. همچنین در مورد نمونه‌های تیمار شده با آنزیم زایلاناز افزایش معنی‌داری ($P<0.01$) در درجه روشنی و ماتی و کاهش معنی‌داری ($P<0.01$) در درجه زردی، عدد کاپا و میزان دور پالایش برای رسیدن به درجه روانی مشخص خمیرهای رنگبری شده مشاهده شد. بیشترین درجه روشنی و کمترین درجه زردی و عدد کاپا مربوط به تیمار آنزیمی 25U می‌باشد که به ترتیب اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) در حدود 10/8درصد، 3/98 درصد و 2/24 واحد در مقایسه با تیمار شاهد دارد. بیشترین ماتی خمیرهای رنگبری شده مربوط به تیمار آنزیمی 50U می‌باشد که به ترتیب اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) در حدود 3 درصد در مقایسه با تیمار شاهد دارد. با توجه به نتایج بدست آمده، تیمار آنزیمی 25U به عنوان تیمار بهینه آنزیمی انتخاب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: باگاس، خمیر کرافت، آنزیم زایلاناز، ویژگی نوری، زیست رنگبری

مقدمه

صنایع خمیر و کاغذ بخش بزرگ و رو به رشدی از اقتصاد جهانی را دارا می‌باشند. تولید خمیر و کاغذ در جهان افزایش یافته و در آینده نزدیک هم افزایش آن ادامه خواهد داشت. تقریبا 155 میلیون تن خمیرکاغذ بر پایه چوب در جهان تولید می‌شود و برآورد تولید آن برای سال 2010 حدود 260 میلیون تن است. در هر صورت، این صنایع خیلی سرمایه‌بر و با سوددهی اندک می‌باشند که مایل هستند آزمایش‌ها، توسعه و استقرار خود را به فناوری جدید محدود نمایند. صنایع خمیر و کاغذ برای

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش و اصلاح پخش مواد زائد به محیط زیست (هـوا و آب) تحت فشار سازمان‌های دوست‌دار محیط زیست قرار دارند و همچنین به منظور تعامل با تقاضای رو بـه رشـد، افزایش بهره‌وری و بهبـود عملکـرد زیسـت محیطـی ایـن صنایع ضروریست (Eriksson et al., 1997).

بنابراین در طول دهـه‌هـای اخیـر، بـه منظـور کـاهش تاثیرات زیست محیطی تولید خمیرکاغذ کرافت و به‌ویـژه کاهش انتشار ترکیبات آلی کلردار سمی در پسـاب واحـد رنگ‌بری، ابداعات تکنولـوژیکی مهمـی را متحمـل شـده است. فرآیند کرافت، متداول‌ترین فرآیند تهیـه خمیرکاغـذ درجهان است. مزایایی چون انعطاف‌پذیری نسبت به گونه چـوبی، زمـان خمیرسـازی نسـبتا کوتـاه و مقاومـت‌هـای زیادکاغذحاصل موجب‌شده که 70 درصـد تولیـد سـالانه خمیرکاغذ در جهان به این فرآیند اختصاص یابد. یکـی از معایب این فرایند، رنگ تیره خمیرکاغذ حاصل اسـت کـه ناشی از وجود گـروه‌هـای کروموفـور یـا جـاذب نـور در لیگنین باقی‌مانده می‌باشد. رنگ‌بری خمیرکاغذ شیمیایی و ازجمله کرافت با حـذف لیگنـین بـاقی‌مانـده و در نتیجـه خارج‌سازی گروه‌های رنگی، در چند مرحله جداگانه و یـا با استفاده از توالی‌های مختلف (کلر عنصـری- اسـتخراج قلیایی- هیپوکلریـت[1]، کلرعنصـری - اسـتخراج قلیـایی - دی‌اکسـیدکلر[2] و کلرعنصـری - اسـتخراج قلیـایی- دی‌اکسیدکلر – استخراج قلیایی- دی‌اکسـیدکلر[3]) و مـواد شیمیایی مختلف از قبیل کلر (C)، هیدروکسید سدیم (E)، هیپوکلریـــــت (H)، دی‌اکســـــیدکلر (D)، ازن (Z)، پراکسیدهیدروژن (P) صورت می‌گیرد. به دلیل اسـتفاده از ترکیبات کلر و دی‌اکسیدکلر، مجموعـه‌ای از ترکیـب‌هـای آلی کلردار با نام هالیدهای آلی قابل جـذب[4] (Solomon, 1996)، آزاد می‌شوند که جزء سمی‌ترین ترکیبـات پسـاب رنـگ‌بـری محسـوب و اثـرات زیسـت محیطـی بسـیار نامطلوبی دارند (Bajpai, 1998). در این رابطه روش‌هـای رنگ‌بری بدون استفاده از کلرعنصری (ECF[5]) و رنگ‌بری بدون استفاده از ترکیبات کلـردار (TCF[6]) توسـعه یافتـه و به صورت فرآینـدهایی در صـنایع خمیرکاغـذ در سراسـر جهان مـورد تاکیـد و اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد (Costa & Colodette, 2007). از سال 1986 نیـاز بـه فنـاوری‌هـای پایـدار دلیـل ورود زیسـت فنـاوری بـه قلمـرو تولیـد خمیرکاغذ و کاغذسازی بوده اسـت. کـاربرد آنـزیم‌هـا در رنگ‌بری خمیرکاغذ، اولین قـدم ضـروری بـوده اسـت تـا اثبات نماید که آنزیم‌ها راهکارهایی موثر به لحاظ فنـاوری بوده و از آن‌ها می‌توان در واحدهای صنعتی موجود بـدون سرمایه گـذاری زیـاد اسـتفاده نمـود. در سـال‌هـای اخیـر استفاده از زیست فناوری در رنگ‌بـری خمیرکاغـذ توجـه شایانی را به دلیل کسب نتایج مفید، به خـود جلـب کـرده است (Bajpai, 1998). آنـزیم‌هـایی از نـوع تجزیـه‌کننـده همی‌سلولزها، به ویژه آنزیم‌هـای هیـدرولیز کننـده همـی- سلولز زایلان مانند زایلانازها، هم‌کنون به طور تجـاری در کارخانجـات صـنایع خمیـر و کاغـذ بـه منظـور تیمـار خمیرکاغذ کرافت در واحدهای رنـگ‌بـری مـورد اسـتفاده قرار می‌گیرند. آنزیم‌های اصلی مورد نیاز در رنگ‌بـری بـه کمک آنزیم زایلاناز متعلق به خانواده اندو-β- زایلانازهـا می‌باشد

1 CEH: Chlorine-Extraction-Hypochlorite
2. CED: Chlorine-Extraction-Dioxide chlorine
3. CEDED: Chlorine-Extraction-Dioxide chlorine-Extraction-Dioxide chlorine

4. AOX: Absorbable Organic Halides
5. Elemental Chlorine Free
6. Total Chlorine Free

Archive of SID

www.SID.ir

(Eriksson et al., 1997,Koshijima et al.,2003).
زایلانازها عمدتا بر همی‌سلولز زایلان و یا همی‌سلولز زایلان رسوب کرده بر روی سطح الیاف خمیرکاغذ در پایان خمیرسازی کرافت عمل می‌کنند (Jeffries et al., 1996). هیدرولیز آنزیمی همی‌سلولز زایلان موجب نفوذپذیرتر شدن ساختار الیاف و خروج راحت‌تر لیگنین باقی‌مانده از الیاف خمیرکاغذ می‌شود. هیدرولیز همی‌سلولزهای موجود در لایه‌های داخلی الیاف نیز باعث افزایش و بهبود قابلیت رنگ‌بری می‌گردد (Roncero et Yang.(al., 2005, Buchert et al., 1994 و همکاران (1993) با استفاده از روش جدید بنام انزون[7]، خمیر کرافت اکالیپتوس را بوسیله توالی اکسیژن-زایلاناز-ازن[8] لیگنین‌زدایی کردند. نتایج نشان داده است که در مقایسه با خمیرکاغذ شاهد که با توالی اکسیژن-ازن[9] رنگ‌بری شده بود، عدد کاپای خمیرکاغذ کمتر و درجه روشنی آن بیشتر بوده است. Viikari و همکاران (1994) برای اولین بار در سال 1986 کشف کردند که تیمار خمیر کاغذ کرافت با زایلانازهای قارچی باعث کاهش مقدار مواد شیمیایی مورد احتیاج برای رسیدن به درجه روشنی مشخص می‌شود. Mansfild و همکاران (2000) ضمن تحقیقی از دو نوع آنزیم زایلاناز (زایلاناز E و پالپزیم (HC برای ارزیابی توانایی افزایش خصوصیات پالایش خمیر کرافت کاج رادیاتا استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که هر دو آنزیم قسمت زیادی از زایلان‌های در دسترس را حل کرده و باعث کاهش مقدار لیگنین باقی‌مانده در خمیر شدند. Sarwarو همکاران (2001) طی تحقیقی تاثیر آنزیم زایلاناز در رنگ‌بری خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون الیاف کنف، پنبه، ذرت و باگاس را بررسی کردند و دریافتند با به‌کارگیری آنزیم زایلاناز در خمیرهای کاغذ تهیه شده از گیاهان غیر چوبی، رنگ‌بری بهبود می‌یابد، اما براساس نوع ماده اولیه این مسئله متفاوت خواهد بود. در اثر تیمار آنزیمی کاهش عدد کاپا به‌ترتیب برای پنبه، باگاس، ساقه ذرت و کنف برابر 1/2، 1/8، 1/2، 1/4 واحد کاهش و گرانروی به‌ترتیب 2/8 m.pa.s، 2/9، 1/6، 1/2 افزایش یافت. همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که پیش تیمار آنزیمی به علاوه توالی DED درجه روشنی را به حدود 80 (ISO درصد) می‌رساند.

Duarte و همکاران (2003) طی تحقیقی به بررسی تاثیر آنزیم زایلاناز حاصل از *Bacillus pumilus* بر روی خمیرکاغذ کرافت اکالیپتوس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که برای رسیدن به حداکثر درجه روشنی، 0/3 درصد کاهش در میزان کلر در زمان استفاده از آنزیم زایلاناز حاصل می‌شود. در ضمن دریافتند اگر آنزیم زایلاناز قبل از توالی رنگ‌بری به‌کار رود، بسیار موثرتر خواهدبود. Medeiros و همکاران (2007) آنزیم‌های تهیه‌شده از قارچ‌های *Aspergillus Niger*، *Penicillium Corylophilum* و *Trichoderma Longibrachiatum* را به منظور تیمار خمیر کرافت اکالیپتوس پیش از توالی‌های رنگبری دی‌اکسید کلر و استخراج قلیایی استفاده نمودند. آنزیم زایلاناز استخراج شده از *Penicillium Corylophilum* و *Trichoderma Longibrachiatum* به منظور کاهش عدد کاپا موثرتر بودند. زمانی‌که خمیر کرافت رنگ‌بری شده با اکسیژن با آنزیم زایلاناز *Aspergillus Niger* تیمار شد کاهش اندکی در ویسکوزیته مشاهده شد. برای تمام نمونه‌های آنزیمی، بهترین آزادسازی ترکیبات رنگ‌ساز از خمیرکاغذ در طول موج 237 نانومتر بود. آنزیم زایلاناز تهیه شده از

7. Enzone
8. OXZ: Oxygen-Xylanase-Ozone
9. OZ: Oxygen-Ozone

Archive of SID

www.SID.ir

Penicillium Corylophilum در مقادیر 10–20 واحد آنزیم به ازای خمیر بیشترین آزاد سازی قند کاهشی را از خمیرکاغذ باعث شد. مطالعات میکروسکوپ الکترونی خمیر رنگ‌بری شده با اکسیژن بعد از تیمار آنزیمی، تغییرات مورفولوژیکی شامل ترک، رشته‌ای شدن، سوراخ و پوسته‌ای شدن الیاف را نشان داد. با توجه به مطالب درج شده هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر مقادیر متفاوت آنزیم زایلاناز در پیش رنگ‌بری خمیر کرافت باگاس و بررسی بهبود ویژگی نوری خمیرکاغذ بدست آمده در رنگ‌بری ECF می‌باشد.

مواد و روشها

تهیه نمونه: باگاس مغززدایی شده مورد نیاز در این تحقیق از کارخانه صنایع کاغذ پارس، واقع در هفت تپه خوزستان تهیه شد. باگاس‌ها در محیط آزمایشگاه کاغذ سازی دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، هوا خشک شده و پس از تعیین درصد رطوبت به منظور عدم تبادل رطوبت با محیط، در داخل پلاستیک‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شد..

تولید خمیر و کاغذ: در این تحقیق خمیرسازی کرافت تحت شرایط فرآیندی مختلف (جدول 1) برای رسیدن به عدد کاپای 20 و با استفاده از دیگ پخت ناپیوسته چرخان 2/5 لیتری انجام شد. با عنایت به عدد کاپای تیمارهای مختلف (جدول 1)، تیمار 4 (عدد کاپای در حدود 20) به‌منظور رنگ‌بری انتخاب شد.

جدول1- شرایط خمیرسازی کرافت

تیمار	نسبت مایع پخت به باگاس	قلیائیت فعال (درصد)	سولفیدیته (درصد)	دما (درجه‌سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	عدد کاپا	بازده (درصد)
1	7	14	18	155	30	14/79	54/25
2	7	14	18	155	45	12/4	53/45
3	7	14	18	155	60	11/6	53
4	7	12	18	155	30	19/86	56/01
5	7	12	18	155	45	17/46	55/9
6	7	12	18	155	60	15/73	55/17
7	7	11	18	155	30	27/46	57/7
8	7	11	18	155	45	26/33	56/5
9	7	11	18	155	60	25/03	56/25

به منظور تامین خمیرکاغذ مورد نیاز در رنگ‌بری در حدود 20 پخت با توجه به شرایط خمیرسازی یاد شده در جدول 1 (تیمار 4) تکرار شد. بازده خمیرکاغذ به صورت وزنی و عدد کاپای خمیرکاغذ بر طبق استاندارد شماره T 236 om–99 آیین نامه‌تاپی[10] تعیین شد.

10. TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industries)

Archive of SID

www.SID.ir

رنگ‌بری خمیرکاغذ: رنگ‌بری اصلی خمیرکاغذ در این بررسی پس از تیمار آنزیمی (پیش رنگ‌بری با آنزیم زایلاناز) انجام شد. برای پیش‌تیمار آنزیمی و رنگ‌بری تیمار شاهد، از کیسه پلاستیکی استفاده شد. در پیش‌تیمار آنزیمی ابتدا مقدار آنزیم مورد نظر در هر تیمار وزن و در آب مقطر حل شد. مقدار آنزیم زایلاناز در سه سطح 10U، 25U و 50U (1U مقدار آنزیمی است که در مدت 1 دقیقه 1 میکرومول سوبسترا (زایلان) را به محصول (زایلوز) تبدیل می‌کند) برای هرگرم جرم خشک خمیرکاغذ و به داخل کیسه‌های پلاستیکی حاوی خمیرکاغذ با میزان درصد خشکی 10 درصد و pH=5 افزوده شد. سپس کیسه‌ها به داخل حمام آب گرم با دمای 53 درجه سانتی‌گراد منتقل شده و در مدت زمان 2 ساعت عمل پیش رنگ‌بری انجام شد. در زمان اثر آنزیم، محتویات کیسه به طور متناوب هم زده شد. پس از اتمام مدت زمان لازم برای پیش رنگ‌بری، محتویات کیسه بر روی الک 200 مش تخلیه و توسط آب مقطر شستشو شد. پس از اتمام تیمارآنزیمی، رنگ‌بری اصلی با توالی DA_1ED_2 (اسید سولفوریک-دی‌اکسید کلر-استخراج قلیایی-دی‌اکسید کلر) و تیمار شاهد بدون آنزیم و با توالی DA_1ED_2 (اسید سولفوریک-دی‌اکسید کلر-استخراج قلیایی- دی‌اکسید کلر) طبق شرایط ذکر شده در جدول 2 انجام شد.

ارزیابی خمیرکاغذ و کاغذ حاصل: بر اساس استانداردهای مربوطه در آیین‌نامه تاپی، خمیرکاغذ شیمیایی رنگ‌بری شده باگاس توسط دستگاه پالایشگر PFI تا رسیدن به درجه روانی 25± 400 (CSF، ml) پالایش شد. از خمیرهای پالایش شده کاغذ دست‌ساز استاندارد تهیه و ویژگی نوری آنها بر طبق استانداردهای مربوطه در آیین‌نامه تاپی که در زیر ذکر شده، تعیین شد.

پالایش خمیرهای رنگ‌بری شده: T 248 sp-00، درجه روانی خمیرهای رنگ‌بری شده: T 227 om-04، تهیه کاغذ دست‌ساز: T 205 sp-02، درجه روشنی و زردی کاغذهای دست‌ساز: T 452 om-02، ماتی کاغذهای دست‌ساز: T 425 om-01

طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع طرح کاملا تصادفی بود. تجزیه و تحلیل نتایج ارزیابی ویژگی نوری کاغذها و ویژگی‌های خمیرکاغذ رنگ‌بری شده از قبیل عدد کاپا، بازده و طبقه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس‌ها و به کمک آزمون آماری دانکن یک طرفه (در سطح 1 درصد($P<0.01$)) انجام گرفت.

نتایج

رنگ‌بری شیمیایی

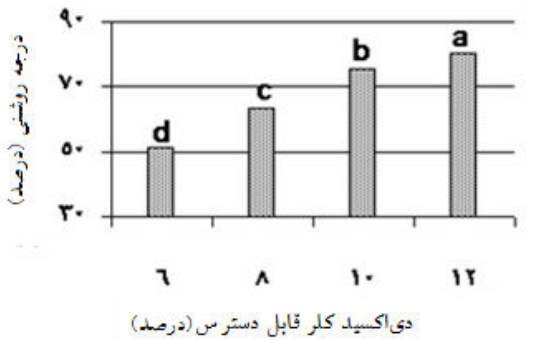
در رنگ‌بری شیمیایی از مقادیر متفاوت دی‌اکسید کلر قابل دسترس (6-8-10-12 درصد) در توالی DA_1ED_2 استفاده شد. چنانچه در شکل 1 مشاهده می‌شود بیشترین مقدار درجه روشنی مربوط به سطح 12 درصد دی‌اکسید کلر قابل دسترس استفاده شده می‌باشد که دارای اختلاف معنی‌داری($P<0.01$) با دیگر سطوح می‌باشد و بین دیگر سطوح نیز تفاوت معنی‌داری($P<0.01$) مشاهده می‌شود. بطوریکه با افزایش ماده شیمیایی رنگ‌بر، اکسیداسیون ترکیبات آروماتیک و رنگ‌ساز افزایش یافته و درجه روشنی نهایی خمیرکاغذ افزایش می‌یابد (Solomon, 1996). با توجه به درجه روشنی و مقدار دی‌اکسید کلر قابل دسترس استفاده شده، سطح 10 درصد دی‌اکسید کلر قابل دسترس به عنوان مبنا برای رنگ‌بری شیمیایی خمیرکاغذ در تیمار شاهد و تیمارهای آنزیمی انتخاب شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول2- شرایط رنگ‌بری شیمیایی خمیر کرافت

شرایط	اسید (A)	دی‌اکسید کلر (D_1)	استخراج قلیایی (E)	دی‌اکسید کلر (D_2)
زمان (دقیقه)	30	90	60	180
دما (درجه سانتی‌گراد)	50	70	70	70
درصد خشکی	10	10	10	10
مصرف دی‌اکسید کلر (وزن خشک خمیر)	–	٪4–٪6–٪8–٪10	–	٪2
مصرف سود (وزن خشک خمیر)	–	–	٪1	–
pH ابتدایی	2/5–2	3/5	12	3/5
pH انتهایی	–	5	10/5	5



شکل1- تاثیر استفاده از سطوح مختلف دی‌اکسید کلر قابل دسترس بر درجه روشنی نهایی

عدد کاپا

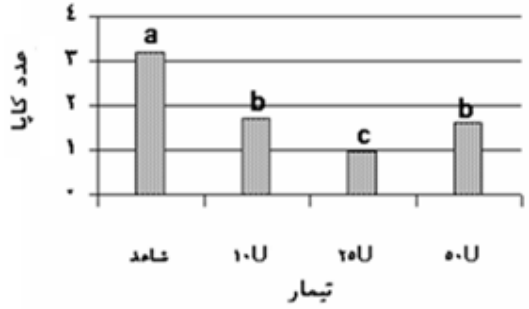
عدد کاپا در واقع معیاری از لیگنین باقی‌مانده در خمیرکاغذ می‌باشد. تغییرات عدد کاپا در مراحل مختلف رنگ‌بری در تیمار شاهد (DA_1ED_2) و تیمارهای آنزیمی ($X_{50,25,10U}\ DA_1ED_2$) در جدول 3 نشان داده شده است.

جدول 3- عدد کاپای خمیرهای رنگ‌بری شده در مراحل مختلف رنگ‌بری

توالی / تیمار	AD_1	XAD_1	AD_1E	XAD_1E	AD_1ED_2	XAD_1ED_2
شاهد	a7/9	–	b5/6	–	c3/2	–
10U	–	a4/3	–	b2/7	–	c1/7
25U	–	a3/42	–	b2/17	–	c0/96
50U	–	a3/8	–	b2/63	–	c1/6

Archive of SID

www.SID.ir



شکل2- اثر مقدار آنزیم در عدد کاپای نهایی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده

به دلیل حذف گروه‌های لیگنینی بعد از هر مرحله رنگ‌بری توسط آنزیم و مواد شیمیایی رنگ‌بر، عدد کاپا در هر مرحله از رنگ‌بری به طور معنی‌داری ($P<0.01$) در تمام توالی‌ها کاهش یافته است. چنانچه در شکل 2 مشاهده می‌شود بیشترین مقدار عدد کاپا نهایی مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار عدد کاپا نهایی مربوط به تیمار آنزیمی 25U می‌باشد. بین تیمارهای آنزیمی با تیمار شاهد و همچنین در بین تیمارهای آنزیمی اختلاف معنی-داری ($P<0.01$) مشاهده می‌شود. پیش‌تیمار آنزیمی با آنزیم زایلاناز باعث هیدرولیز همی‌سلولز زایلان می‌شود (Costa & Colodette, 2007). آنزیم زایلاناز اتصالات کمپلکس لیگنین-کربوهیدرات (LCC[11]) در خمیرکاغذ را هیدرولیز می‌کند. لیگنین از طریق همی‌سلولز زایلان به سلولز متصل شده است. چنانچه اتصال ما بین همی‌سلولز زایلان و سلولز قطع گردد، لیگنین نیز به دلیل اتصال به همی‌سلولز زایلان از الیاف خارج می‌گردد (Buchert et al., 1994). با حذف لیگنین از شبکه الیاف، عدد کاپای خمیرهای تیمار شده با آنزیم زایلاناز کاهش می‌یابد، با افزایش میزان آنزیم هیدرولیز همی‌سلولز زایلان افزایش یافته و لیگنین بیشتری از شبکه الیاف خارج شده و عدد کاپا کاهش بیشتری می‌یابد. با توجه به کاهش قابل توجه عدد کاپا توسط تیمارهای آنزیمی نسبت به تیمار شاهد، سودمندی پیش‌تیمار آنزیمی در صرفه‌جوئی مصرف مواد شیمیایی رنگ‌بر، کاهش انرژی مورد نیاز برای تولید مواد شیمیایی رنگ‌بر در واحد رنگ‌بری، کاهش بار پساب کارخانه خمیرکاغذ و به تبع آن کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، کاملا مشهود به نظر می‌رسد (Bajpai et al., 1998).

دور پالایش

پالایش یکی از مهم‌ترین تیمارهای فیزیکی انجام شده بر خمیرکاغذ پیش از کاغذسازی است. پالایش به شکل موثری بر ویژگی فیزیکی ورقه‌های کاغذ تهیه شده تاثیرگذار است. هدف از پالایش افزایش سطح تماس میان الیاف به وسیله عمل فیبریله شدن الیاف است. همی‌سلولزها نقش مهمی در انعطاف‌پذیری الیاف ایفا می-کنند و به دلیل ساختار بی‌شکل تمایل جذب آب در آنها زیاد می‌باشد، این تمایل به جذب آب، باعث افزایش واکشیدگی الیاف، و به تبع آن افزایش انعطاف‌پذیری الیاف می‌شود. در پالایش خمیرهایی که دارای همی‌سلولز بیشتری هستند به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتر الیاف، عمل

11- LCC: Lignin Carbohydrate Complex

Archive of SID

www.SID.ir

فیبریله شدن در آنها نسبت به کوتاه شدن الیاف بیشتر صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد تیمارهای آنزیمی با حذف همی‌سلولزهای زایلان موجود در خمیرکاغذ برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر نیاز به دور پالایش کمتری دارند (Jeffries et al., 1996). یکی از مزایای تیمارهای آنزیمی کاهش انرژی پالایشگرها می‌باشد. چنانچه در جدول 4 مشاهده می‌شود در تیمارهای آنزیمی به دلیل حذف همی‌سلولز زایلان، واکشیدگی و انعطاف‌پذیری کمتری در الیاف اتفاق افتاده و بیشتر عمل کوتاه شدن الیاف و ایجاد نرمه بیشتر اتفاق افتاده است (Eriksson et al., 1997,Koshijima et al.,2003). با این حال این نکته حائز اهمیت است که در تیمارهای آنزیمی انرژی مورد نیاز برای رسیدن به درجه روانی مشخص، نسبت به تیمار شاهد بسیار کمتر است. به عنوان مثال خمیر شاهد برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر نیاز به 4500 دور پالایش دارد در حالی‌که تیمار 50U نیاز به 1500 دور پالایش، برای رسیدن به همان درجه روانی نیاز دارد. چنانچه در جدول 4 مشاهده می‌شود بین تیمار شاهد و تیمارهای آنزیمی و همچنین بین تیمارهای آنزیمی نیز اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) مشاهده می‌شود.

جدول4- تاثیر دور پالایش بر درجه روانی خمیرکاغذهای رنگ‌بری شده

تیمار	درجه روانی (CSF، ml)	دور پالایش
شاهد (AD1ED2)	409	a4500
U(AD1ED2)10	422	b2250
U(AD1ED2)25	409	c1800
U(AD1ED2)50	385	d1500

درجه روشنی

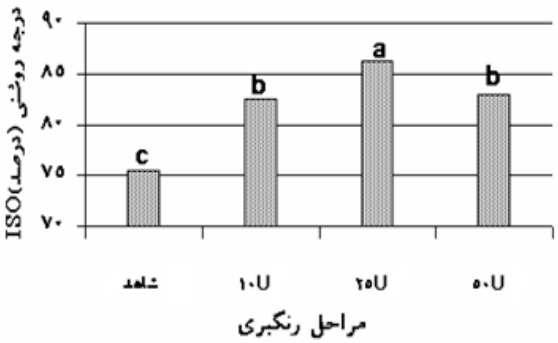
تغییرات درجه روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده در مراحل مختلف رنگ‌بری در تیمار شاهد (DA_1ED_2) و تیمارهای آنزیمی ($X_{50،25،10U}\ DA_1ED_2$) در شکل 5 نشان داده شده است. بعد از هر مرحله رنگ‌بری درجه روشنی خمیرهای رنگ‌بری شده به طور معنی‌داری ($P<0.01$) افزایش می‌یابد. چنانچه مشاهده می‌شود با استفاده از مواد شیمیایی رنگ‌بر در هر مرحله از توالی‌های رنگ‌بری درجه روشنی خمیرکاغذ افزایش می‌یابد. در مراحل کلردار کردن و استخراج، مواد شیمیایی رنگ‌بر صرف لیگنین‌زدایی می‌شود اما در مرحله نهایی کلردار کردن عمل روشن‌سازی صورت می‌گیرد و درجه روشنی نهایی خمیرکاغذ به شدت افزایش می‌یابد (Solomon, 1996). در شکل 3 بیشترین میزان درجه روشنی متعلق به تیمار آنزیمی 25U و کمترین مقدار درجه روشنی متعلق به تیمار شاهد می‌باشد. بین تیمار شاهد و تیمارهای آنزیمی و همچنین بین تیمارهای آنزیمی اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 5- درجه روشنی (٪) خمیرهای رنگ‌بری شده در مراحل مختلف رنگ‌بری

توالی تیمار	AD_1	XAD_1	AD_1E	XAD_1E	AD_1ED_2	XAD_1ED_2
شاهد	a48/8	–	b53/62	–	c75/51	–
10U	–	a57/3	–	b61/07	–	c82/53
25U	–	a61/71	–	b66/9	–	c86/31
50U	–	a58/5		b62/12	–	c83/005



شکل3- اثر مقدار آنزیم بر درجه روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده

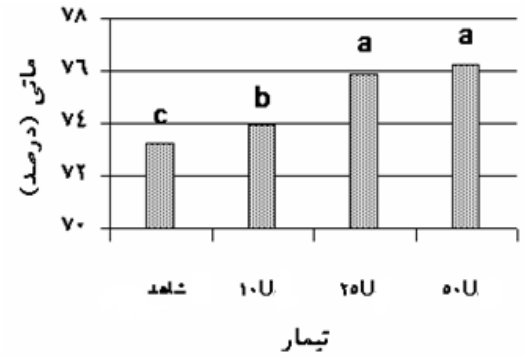
آنزیم زایلاناز باعث هیدرولیز سطحی و تسهیل در خروج همی‌سلولز زایلان، مواد جذب کننده نور، و لیگنین متصل به زایلان و لیگنین‌های به دام افتاده می‌گردد. خروج اجزای ذکر شده، دسترسی‌پذیری ماده شیمیایی رنگ‌بر، دی‌اکسید کلر را به ترکیبات آروماتیکی و رنگ‌ساز افزایش داده و باعث افزایش کارائی رنگ‌بری می‌گردد (Roncero et al., 2005). همان طور که در شکل 2 دیدیم، آنزیم زایلاناز باعث کاهش عدد کاپا شد. کاهش عدد کاپا به معنی حذف لیگنین است. همان‌طور که می‌دانیم لیگنین عامل جذب نور مرئی است و کاهش جذب نور به معنی افزایش درجه روشنی می‌باشد (Medeiros et al., 2007). چنانچه مشاهده می‌شود حتی با استفاده اندک از آنزیم زایلاناز (10U) درجه روشنی به طور معنی‌داری ($P<0.01$) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است.

ماتی

ماتی با مجموع نور عبور کرده از کاغذ تعیین و ویژگی مهم کاغذهای چاپ، تحریر و اوراق بهادار می‌باشد. عوامل متعددی بر روی ماتی کاغذ اثرگذار بوده که عبارتند از: ساختار کاغذ، وزن پایه، فاصله الیاف از یکدیگر، میزان پالایش، فشار پرس در پایانه مرطوب، مواد رنگی، نوع فیلر، مقدار و اندازه پرکننده‌ها، میزان پراکندگی پرکننده‌ها. چنانچه در شکل 4 مشاهده می‌شود بیشترین میزان ماتی مربوط به تیمار آنزیمی 50U و کمترین میزان ماتی مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. بین تیمارهای آنزیمی، تیمار 25U با تیمار 50U اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) ندارد، اما تیمار آنزیمی 10U با دیگر تیمارهای آنزیمی اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) دارد. اما بین تیمارهای آنزیمی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) مشاهده می‌شود.

Archive of SID

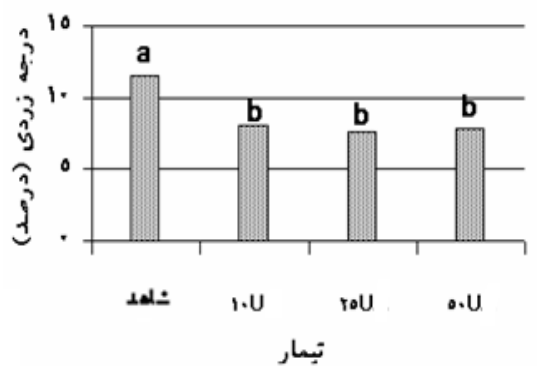
www.SID.ir



شکل 4- اثر مقدار آنزیم بر ماتی خمیرکاغذ رنگ‌بری شده

درجه زردی

همان‌طور که در شکل 5 مشاهده می‌گردد حداکثر میزان درجه زردی خمیرهای رنگ‌بری شده مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار درجه زردی مربوط به تیمار آنزیمی 25U می‌باشد. بین تیمار شاهد و تیمارهای آنزیمی اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) مشاهده می‌شود درحالی‌که بین تیمارهای آنزیمی اختلاف معنی‌داری ($P<0.01$) مشاهده نمی‌شود. با افزایش میزان آنزیم زایلاناز در تیمارهای آنزیمی نسبت به تیمار شاهد از میزان درجه زردی کاغذهای دست‌ساز کاسته می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد وجود گروه‌های آروماتیکی، گروه‌های رنگ‌ساز و گروه‌های جاذب نور باعث افزایش ضریب جذب نور شده و کاهش درجه روشنی و افزایش درجه زردی کاغذهای دست‌ساز را به دنبال دارند (Buchert et al., 1994). آنزیم زایلاناز با ایجاد هیدرولیز گروه‌های رنگ‌ساز متصل به الیاف موجب تسهیل خروج آنها از خمیر و افزایش کارائی رنگ‌بری می‌شود. با خروج گروه‌های جاذب نور درجه روشنی افزایش و درجه زردی کاهش می‌یابد (Jeffries et al., 1996).



شکل 5- اثر مقدار آنزیم بر درجه زردی خمیرکاغذ رنگ بری شده

نتایج

نتایج این تحقیق نشان دهنده قابلیت استفاده از آنزیم زایلاناز در پیش رنگ‌بری خمیرکاغذ کرافت باگاس بود. استفاده از آنزیم زایلاناز قبل از رنگ‌بری اصلی باعث کاهش عدد کاپا شد که با نتایج Buchert و همکاران (1994) مطابقت دارد. Jeffries و همکاران (1996) به کاهش دور پالایش برای رسیدن به درجه روانی مشخص توسط آنزیم زایلاناز اشاره کردند و نتایج این تحقیق نیز کاهش دور پالایش را در اثر تیمار آنزیمی نشان داد. همچنین تاثیر آنزیم زایلاناز در بهبود خواص نوری از قبیل درجه روشنی، درجه زردی و ماتی کاملا مشخص و برتر در مقایسه با تیمار شاهد بود. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط سایر پژوهشگران بویژه Roncero و همکاران (2005) و Medeiros و همکاران (2007) همخوانی دارد.

سپاسگزاری

در پایان از مسئولین آزمایشگاه کاغذسازی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به ویژه

Archive of SID

www.SID.ir

خانم مهندس حسین خانی و همچنین مسئول آزمایشگاه خمیر و کاغذ کارخانه چوب و کاغذ مازندران، خانم مهندس کلانتری تشکر و سپاسگذاری به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

-Bajpai, P., 1998. Biotechnology for Environmental Protection in pulp and paper Industry. Springer. Germany, Pp: 91-107.

-Buchert, J., Tenkanen, M., Kantelinen, A., and Viikari, L., 1994. Application of xylanases in the pulp and paper industry, Bioresource Technology, 50(1): 65-72

-Christov, L.P., Akhtar, M., and Prior, B.A., 1996. Impact of xylanase and fungal pretreatment on alkali solubility and brightness of dissolving pulp. Holzforschung, 50: 579-582.

-Costa, M.M., and Colodette, J.L., 2007. The impact of kappa number composition on eucalyptus kraft pulp bleachability. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 24(1): 61-71.

-Durate, M.C.T., Cristina Da Silva, E., Gomes, I.M.D.B., Ponezi, A.N., Portugal, E.P., Vicente, J.R., and Davanzo, E., 2003. Xylan-hydrolyzing enzyme system from *Bacillus Pumilus CAMAI 0008* and its effects on eucalyptus grandis kraft pulp for pulp bleaching improvement. Bioresources Technology, 88: 9-15.

-Eriksson, JE., and Cillbert, A., 1997. Family-10 and family-11 xylanase in their capasity to enhance the bleachability of hardwood and softwood pulps. Appl Microbial Biotechnol, 48: 177-183

-Jeffries, T.W., and Viikari, L., 1996. Enzymes for pulp and paper processing. American Chemichal Society. Washington, DC, 326p

-Mansfield, D.,Shown, K.Y.,Wong, Ken.,Dickson, Alen., 2000. Variation in the response of three different pinus radiate kraft pulps to xylanase treatments. www.apt.allenpress.com

-Medeiros, R.G, Dasilva Jr, F.G., Bao, S.N., Hanada, R., and Filho, E.X.F., 2007. Application of xylanases from amazon forest fungal species in bleaching of eucalyptus kraft pulps. Brazilian Archives of Biology and Technology, 50(2): 231-238

-Roncero, MB., Torres, AL., Colom, JF., Vidal, T., 2005. The effect oF xylanase on lignocellulosic components during the bleaching of wood Pulps. Bioresource Technology, 96: 21-30

-Sarwar, J., Mohaiuddin, M.G., Talukder, S.H., and Rashid, H., 2001. Xylanase bleaching of non wood pulps. The 8th ICBPPI, June 4-8, Helsinki, Finland. Abstract-book.

-Solomon, K.R., 1996. Chlorine in the bleaching of pulp and paper. Pur& Appl. Chem, 68(9): 1721-1730

-Viikari, L., Kantelinen, A., Sundquist, J., and Linko, M., 1994. Xylanases in the bleaching from and idea to industry. FEMS Microbial Rev, 13: 335-350.

-Yang, jane L., 1993. Bleaching eucalyptus kraft pulp with enzone process. www.paperloop.com

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of xylanase on optical properties of bagasse kraft pulp in ECF bleaching

Resalati , H.[1], Beik Marandi, M.A.[2*] and Saraiian, A.R.[3]

1- Associate prof., Faculty members Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,
2*- Corresponding author, M.Sc , Wood and Paper Science Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, E_mail: morteza_mabm@yahoo.com
3- Assitant prof., Faculty members Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: Nov., 2008 Accepted: May, 2009

Abstract

The effect of using commercial xylanase enzyme in prebleaching of bagasse kraft pulp was investigated. Xylanase enzyme from *Trichoderma viride* was added to pulp at various doses of 10, 25 and 50 IU/g pulp for reaction time 2h and then the enzyme treated pulp was bleached in ADED sequences (Acid sulfuric +Dioxide chlorine 4, 6, 8, 10% + Alkaline extraction + Dioxide chlorine 2% as available chlorine). The results have shown that with increased dioxide chlorine in D1 bleaching sequence, final brightness of bleached pulp was increased significantly ($P<0.01$). Furthermore, in the case of treated samples by xylanase enzyme optical properties of bleached pulp such as brightness and opacity were increased significantly ($P<0.01$). For yellowness, revolution of refiner for distinct pulp freeness and kappa number have shown decreased significantly ($P<0.01$). Maximum of brightness and minimum of kappa number and yellowness were belong to 25 IU/g pulp treatment that about 10.8, 3.98% and 2.24 unit have difference significantly ($P<0.01$) as compared with control sample respectively. Maximum of opacity and Minimum was belong to 50IU/g pulp treatment that about 3 and 13.24% have difference significantly as compared with control sample respectively. Regardless of obtained results 25IU/g pulp treatment could be selected as optimal treatment.

Keywords: Bagasse, Kraft Pulp, Xylanase Enzyme, Optical Properties, Biobleaching

Archive of SID

www.SID.ir